

VILJANKUIVAAMON HAKELÄMMITYSRATKAISUJEN VERTAILU
ALI-SIMOLAN TILALLA



Ammattikorkeakoulututkinnon opinnäytetyö

Mustiala, Maaseutuelinkeinot

Kevät, 2018

Vesa Paavola

Agrologi AMK

Mustiala

Tekijä	Vesa Paavola	Vuosi 2018
Työn nimi	Viljankuivaamon hakelämmitysratkaisujen vertailu Ali-Simolan tilalla	
Työn ohjaaja/t	Heikki Pietilä	

TIIVISTELMÄ

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää, minkälaisilla hakejärjestelmillä öljyuuni voidaan nykyään korvata kuivurilla ja onko se taloudellisesti kannattavaa. Öljyn hinnan noustessa myös viljankuivaamoiden käyttökustannukset ovat nousseet. Samaan aikaan markkinoilla on useita erilaisia järjestelmiä, joilla voidaan tuottaa energiaa hakkeen ja esipuhdistinjätteen avulla. Hakkeeksi kelpaa periaatteessa minkälainen puu tahansa ja sen avulla aiemmin täysin arvottomat risutkin voitaisiin hyödyntää energiana.

Työn toimeksiantajana toimi Ali-Simolan tila. Tilalla oli aiemmin jo rakennettu hakelämpökeskus, jolla lämmitetään tilan kaikki kiinteistöt. Hakelämmityksestä saatujen positiivisten kokemusten myötä tilalla oli ruvettu miettimään myös kuivaamon öljyuunin korvaamista hakeuunilla.

Työssä on esitelty erilaisia hakkeen polttoon soveltuvia lämmitysjärjestelmiä, jotka sopisivat Ali-Simolan tilalle. Niitä on myös vertailtu hankintahintojen ja käyttökustannusten suhteen. Tulosten perusteella voidaankin todeta, että aivan pienellä vilja-alalla hakelämmitys ei ole kannattava. Näin kävi myös Ali-Simolan tilan tapauksessa. Vaikka hakkeella lämmittämisen käyttökustannukset ovat huomattavasti alhaisemmat kuin öljyllä lämmittämisen niin hakejärjestelmien kalliit hankintahinnat muuttavat investoinnin kannattamattomaksi. Isommassa mittakaavassa hakkeella lämmittämisen voidaan kuitenkin todeta olevan kannattavaa.

Avainsanat Vilja, Hake, Öljy

Sivut 27 sivua, joista liitteitä 4 sivua

Degree Programme in Agricultural and Rural Industries

Mustiala

Author	Vesa Paavola	Year 2018
Subject	Comparison between different kinds of wood chip heating systems at grain dryer usage on Ali-Simola farm	
Supervisors	Heikki Pietilä	

ABSTRACT

The target of this thesis was to investigate with what kinds of heating systems using woodchips you can replace the heating systems which use oil and is it economically reasonable. Oil prices have increased and it has increased grain dryers operating cost, too. At the same time there are several systems which can use woodchips and grain waste as energy on market. You can make woodchips of basically any kind of wood. With woodchips you could use completely worthless wood as energy.

The commissioner of this thesis was Ali-Simola farm. They had earlier built a heating plant using woodchips as energy. It is used to heat up all the property of the farm. The owners of the farm had positive experiences about heating plant using woodchips as energy so they had begun to think that they could change the old oil burning stove in the grain dryer to something else which uses woodchips.

In the thesis there is an introduction about different kinds of heating systems using woodchips as energy which would be suitable to Ali-Simola farm. The systems have been compared in terms of prices and operating costs. Based on the results, using woodchips as energy isn't profitable on small area of grain. This was also the result on the case of Ali-Simola farm. Although the operating costs are much lower using woodchips as energy than oil but the purchase price of a woodchip system is so high that the investment would be unprofitable. In the larger scale of drying grain it would be profitable to use woodchips as energy.

Keywords Grain, Woodchips, Oil

Pages 27 pages including appendices 4 pages

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	1
2	VILJANKUIVAUKSEN PERUSTEITA	1
2.1	Miksi viljaa kuivataan	1
2.2	Lämminilmakuivaus.....	2
2.3	Kylmäilmakuivaus.....	3
2.4	Tuoresäilöntä.....	4
2.4.1	Murskesäilöntä	4
2.4.2	Jyvässäilöntä.....	5
2.4.3	Ilmatiivis säilöntä	5
3	VILJANKUIVAAMON TOIMINTA	5
3.1	Elevaattori	5
3.2	Esipuhdistin	6
3.3	Kuivurikoneisto.....	7
3.4	Kuivuriuuni	9
4	LÄMMITYSVAIHTOEHDOT	10
4.1	Lähtötilanne	10
4.2	Öljuuuni	11
4.3	Biouuni	11
4.4	Lämpökontti	12
4.5	Etu-uuni	13
4.6	Radiaattori.....	14
5	KUSTANNUSLASKELMAT.....	15
5.1	Investointikustannukset	15
5.2	Käyttökustannusten lähtötiedot	16
5.3	Ölly.....	17
5.4	Hake.....	17
5.5	Radiaattori.....	18
6	YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET	19
	LÄHTEET	22

Liitteet

- Liite 1 Hake-Öljy -järjestelmien kustannusvertailu 50ha
- Liite 2 Hake-Öljy -järjestelmien kustannusvertailu 100ha
- Liite 3 Hake-Öljy -järjestelmien kustannusvertailu 200ha
- Liite 4 Hake-Öljy -järjestelmien kustannusvertailu öljyn hinta 1,3 €/l

1 JOHDANTO

Viljan varastointi ei normaalisti onnistu Suomen olosuhteissa ilman jonkinlaista käsittelyä. Vilja voidaan joko kuivata tai säilöä tuoreena. Tuoresäilönässä vilja pitää kuitenkin käsitellä hapolla tai varastoida ilmatiiviisti. Siemenviljaksi tai elintarvikkeeksi käytettävä vilja on aina kuivattava. Tuoresäilötty vilja sopiikin vain eläinten rehuksi.

Öljyn hinnan noustessa viljan kuivaamiseen menevät kustannukset ovat nousseet. Lisäksi markkinoilta löytyy useita hakkeen ja esipuhdistinjätteen polttoon soveltuvia järjestelmiä. Useimmissa tapauksissa maataloilta löytyy omaa metsää, jota voitaisiin hyödyntää energiana. Hakkeen etuna onkin se, että siihen kelpaa mikä tahansa puutavara. Näin aiemmin täysin arvottomille pellonreunarisuillekin saataisiin hyötykäyttöä.

Tavoitteena työssä oli selvittää, minkälaisella hakejärjestelmällä Ali-Simolan tilan kuivurin öljyuuni voitaisiin korvata ja onko se taloudellisesti järkevää. Tilalla on jo aiemmin rakennettu hakelämpökeskus, jolla lämmitetään tilan kaikkia kiinteistöjä. Tilan aiemmat positiiviset kokemukset puoltavat nyt myös kuivurin uunin muuttamista hakekäyttöiseksi. Työssä esitellään erilaiset ratkaisut hakelämmityksen suhteen Ali-Simolan tilan kuivurille. Erilaisia järjestelmiä on vertailu hankintahintojen ja käyttökustannusten suhteen. Työssä on myös selvitetty, onko kalliisiin hakejärjestelmiin investoiminen kannattavaa tilan nykyisellä vilja-alalla.

2 VILJANKUIVAUKSEN PERUSTEITA

2.1 Miksi viljaa kuivataan

Viljan puintikosteus on Suomessa yleensä niin suuri, ettei varastointi ilman jonkinlaista käsittelyä ole mahdollista. Yleisin tapa säilöä viljaa on lämminilmakuivaus, mutta myös kylmäilmakuivausta ja erilaisia tuoresäilöntämenetelmiä käytetään. Mikäli vilja puidaan kosteana, niin sen elintoiminnot jatkuvat vielä puinnin jälkeenkin. Tällöin vilja rupeaa lämpenemään ja samalla sen ravintoaineet alkavat hajota. Myös pieneliöt, jotka käyttävät viljan varastoaineita ravinnokseen, lisääntyvät ja näin ollen viljan laatu kärsii ja määrä vähenee. Viljan pilaantuminen voidaankin estää hidastamalla sen elintoimintoja ja estämällä pieneliöiden kasvu. (Suomi, Lötjönen, Mikkola, Kirkkari & Palva 2003, 25.)

Viljankuivaus on tapahtuma, jossa vettä haihdutetaan viljasta pois. Kuivauksessa viljan kosteus alennetaan riittävän alas, 14 prosenttiin, jolloin viljan elävyys säilyy, mutta siemen on lepotilassa. Tämän ansiosta haitallisten pieneliöiden kasvu estyy. Vilja sisältää kosteutta sekä solujen sisällä että pinnalla. Viljan kuivaaminen vaatii lämmön siirtoa, koska siemen kuivataan haihduttamalla vettä sen pinnalta. Jotta siemen kuivuisi, on pinnalta tapahtuvan haihtumisen lisäksi tapahduttava myös kosteuden siirtymistä siemenen sisäosista sen pintaan. Kuivumisnopeus alenee kuivumisen edistyessä, sillä kosteuden siirtyminen pintaan on tällöin rajoittavana tekijänä. (Suomi ym. 2003, 26.)

Kuivauksen etuna voidaankin pitää viljan elävyyden säilyminen, koska itäminen, mallastuminen ja leipoutuminen edellyttävät elävää viljaa. Tärkeää onkin saada kuivattua vilja mahdollisimman nopeasti sellaiseen kosteuteen, ettei lämpenemistä enää tapahtuisi. (Suomi ym. 2003, 26.)

2.2 Lämminilmakuivaus

Viljan kuivaaminen kuivureissa perustuu siihen, että kuivuriin tuodaan kuivaa ilmaa, joka sitoo itseensä viljassa olevaa kosteutta. Näin viljassa oleva kosteus haihtuu ja sitoutuu ilmaan, joka puolestaan kuljettaa sen pois. Kun kuivausilmaa lämmitetään, sen vedensitomiskyky kasvaa huomattavasti. Esimerkiksi syksyiseen ulkoilmaan voi sitoutua 0,5-2 g vettä kuutiometriä kohden. Sen sijaan 70 °C asteen lämpötilaan lämmitetty ilma kykenee sitomaan itseensä 15 g vettä kuutiometriä kohden. Näin ollen kuumennetun ilman käyttäminen viljan kuivaamisessa nopeuttaakin kosteuden siirtymistä. (Palva, Kirkkari & Teräväinen 2005, 34.)

Viljaa kierrättävän lämminilmakuivurin tärkeimmät säädöt ovat kuivausilman lämpötila, kuivausilman määrä ja viljankiertonopeus. Kuivausnopeuden ja energiatehokkuuden kannalta olisikin parasta käyttää mahdollisimman korkeaa kuivauslämpötilaa. Liian korkeassa lämpötilassa jyvien itäminen ja leivontalaatu voivat kuitenkin tuhoutua. Jos viljankiertonopeus on suuri, voidaan kuivaukseen käyttää korkeakin lämpötilaa ilman että vilja vahingoittuu. Liian hidas kiertonopeus tekee kuivumisesta jaksottaista. Tällöin vilja on pitkään alttiina kuivurin kuumille metallipinnoille. Sopiva kiertonopeus on useimmiten yksi kierros tunnissa. Märällä viljalla kiertonopeus voi jäädä helposti liian hitaaksi. Kiertonopeus kuitenkin kasvaa itsestään, kun vilja kuivuu. (Palva ym. 2005, 38.)

Rehuviljaa kuivattaessa itävyys- ja leipoutumisominaisuuksilla ei ole väliä, joten tällöin kustannusten minimoinnin ja tehokkuuden maksimoinnin kannalta kannattaisi käyttää mahdollisimman korkeaa kuivauslämpötilaa. Lämpötila kannattaisikin nostaa ainakin 80 °C asteen tuntumaan. On kuitenkin todettu, että viljan valkuainen kestäisi jopa 120 °C asteen kuivauslämpötilan tuhoutumatta. Valkuaisten hajoamisesta voi aiheutua haittaa

yksimahaisten eläinten ruokinnassa. Ruotsalaisissa tutkimuksissa on todettu, että esimerkiksi kauran kuivaaminen 100 °C asteen lämpötilassa ei haitallisesti hajota sen sisältämiä rasvoja. Mitä kosteampaa vilja on, niin sitä alemmaa kuivauslämpötilaa tulisi kuitenkin käyttää, jos halutaan säilyttää hyvät itävyys- ja leipoutumisominaisuudet. Korkein turvallinen itävyyden säilyttävä kuivauslämpötila saadaankin laskettua kaavalla: 90 °C - viljan kosteusprosentti. (Palva ym. 2005, 39.)

Kuivauksen lopuksi kuivurissa oleva vilja on jäähdytettävä, ettei se ala lämmetä uudestaan ja pilaantua varastossa. Jäähdytys tapahtuu siten, että kuivurin uuni sammutetaan, mutta kuivausilmapuhallus ja viljan kierrätys jätetään päälle. Tällöin vilja jäähtyy ulkoilman avulla. Jos ulkoilma on kuivaa ja lämmintä niin vilja voi kuivua vielä jäähdytyksen aikanakin esimerkiksi prosenttiyksikön verran. Toisaalta jos ulkona on kosteaa ja kylmää niin vilja voi kostua jäähdytyksessä. (Palva ym. 2005, 42.)

Lämminilmakuivauksen etuina voidaankin pitää kuivauksen nopeutta esimerkiksi verrattuna kylmäilmakuivaukseen, kuivauksen onnistumista kaikissa olosuhteissa, viljan puhdistumista kuivauksen aikana ja mahdollisuutta automatisoida koko kuivausprosessi. (Palva ym. 2005, 34.)

2.3 Kylmäilmakuivaus

Kylmäilmakuivauksessa viljaa kuivataan suoraan ulkoilmalla. Tämän johdosta kuivauksessa käytettävän ilmamäärän tulee olla selkeästi suurempi kuin lämminilmakuivauksessa, jotta kuivuminen tapahtuisi riittävän nopeasti. Ilman puhallukseen käytetään potkuripuhaltimia tai keskipakopuhaltimia. Puhallinta pyöritetään joko sähköllä tai dieselmoottorilla. (Palva ym. 2005, 47.)

Kylmäilmakuivuri voi olla taso- tai siilonmallinen. Taso- eli lavakylmäilmakuivurissa viljaa on tyypillisesti 0,5-1 metrin paksuinen kerros, kun taas siilonmallisessa kylmäilmakuivurissa kuivattavan vilja kerroksen paksuus vaihtelee 1,5-4 metrin välillä. Koska viljaa ei kierrätetä kuivauksen aikana, pitääkin kuivattavan viljakerroksen paksuus säätää tilannekohtaisesti. Mikäli kerros on liian paksu ja ilmaa ei virtaa riittävästi viljan läpi, voi märkä vilja alkaa kuorettumaan pinnalta, jolloin ilma ei pääse enää ollenkaan pinnasta läpi. Viljakerroksen tulisikin olla niin ohut, että myös pinnassa olevan viljan kosteus saadaan alle 20 %:iin viidessä päivässä. (Palva ym. 2005, 48.)

Kylmäilmakuivauksella ei välttämättä saada joka syksy kosteudeltaan kauppakelpoista viljaa. Säilymiskosteus sen sijaan saavutetaan yleensä aina. Lisälämmön käyttö kylmäilmakuivauksen apuna varmistaisi viljan kuivaamisen kosteina ja viileinä syksyinä. Esimerkiksi kun kuivausilman lämpötilaa nostetaan 3-4 °C astetta niin kylmäilmakuivurin kuivausteho vähintäänkin kaksinkertaistuu eli toisin sanoen tarvittava kuivausaika lyhenisi

puoleen. Samalla vilja saataisiin varmemmin kuivattua 14 %:n kosteuteen. (Palva ym. 2005, 49.)

Viljan esipuhdistuksen toteuttaminen on huomattavasti hankalampaa kuin kierrättävässä lämminilmauivurissa. Kylmäilmauivaamon tyhjennys ja täyttö vaativat mittavat investoinnit kuljettimiin tai vaihtoehtoisesti paljon käsityötä. Kylmäilmauivaamon rakentaminen ei ole välttämättä mielekäästä kovin suurelle vilja-alalle, koska laarialaa tarvitaan paljon ja tarvittavat puhaltimet vievät paljon sähköä. Kylmäilmauivuri soveltuukin ennenmin pienelle vilja-alalle tai lämminilmauivurin puskurivarastoksi. (Palva ym. 2005, 48.)

Kylmäilmauivauksen etuina verrattuna lämminilmauivaukseen ovat pienemmät investointikustannukset, pienemmät käyttökustannukset, suuri vastaanottokapasiteetti ja kuivauslaarien toiminta viljan varastointitilana. (Palva ym. 2005, 47.)

2.4 Tuoresäilöntä

Rehuviljaa voidaan säilöä myös perinteisen kuivauksen lisäksi puintituoreena. Viljan rehuarvot eivät itsessään muutu mihinkään, vaikka viljaa ei kuivattaisikaan. Tuoresäilöntä onkin usein edullisempi vaihtoehto viljan säilöntään verrattuna kuivaamiseen. Se ei kuitenkaan sovellu kaikkiin olosuhteisiin ruokintateknisistä syistä. Ravitsemuksellisesti tuoresäilötty vilja sopii kaikille eläinryhmille. Tuoresäilöntään on käytössä useampi menetelmä. Yleisimmät ovat murskesäilöntä ja jyväsäilöntä, mutta myös ilmatiiviin säilönnän käyttö on yleistynyt. Menetelmät eroavat toisistaan jonkin verran säilymisperiaatteen, kustannusten ja teknologian suhteen. (Palva ym. 2005, 55.)

2.4.1 Murskesäilöntä

Murskesäilöntä perustuu happamuuteen ja hapettomuuteen. Puitu vilja litistetään valssimyllyllä ja säilötään ilmatiiviisti varastoon. Säilöntäaineena käytetään muurahaishappopohjaisia säilöntäaineita tai sokeripitoisia tuotteita kuten melassia tai heraa. Muurahaishappoa tulisi käyttää noin kolme litraa tuoretonnia kohden viljaa ja melassia tai heraa noin 10 kg sokeria tuoretonnia kohden. Murskesäilöntää käytettäessä viljan kosteuden tulisi olla 35-45 %:n välillä. Tällöin olosuhteet olisivat hyvät maitohappokäymiselle. Mikäli vilja puidaan tätä kuivempaan, tulisi säilönnän yhteydessä viljaan lisätä vettä. Lisätty vesi imeytyy kuitenkin hitaasti, joten olisikin suositeltavampaa pyrkiä puimaan vilja sopivassa kosteudessa. Viljan litistämisen lisää tiivistymistä ja tätä kautta myös säilymistä. Litistys tulisi tehdä suurin piirtein puinnin tahdissa, koska märkä vilja ei säily pitkään. Myös koko säilöntäprosessi olisi hyvä saada tehtyä mahdollisimman nopeasti,

jotta varastosiilo voitaisiin sulkea ja säilymisprosessi saataisiin käyntiin. Murskesäilötty vilja voidaan varastoida laakasiiloon, kaasutiiviiseen torniin tai muovituubiin. (Palva ym. 2005, 55.)

2.4.2 Jyvässäilöntä

Jyvässäilönnässä vilja säilötään kokonaisina jyvinä orgaanisia happoja säilöntäaineena käyttäen. Tämä säilöntämenetelmä perustuu happojen mikrobeja tuhoavaan ja niiden kasvua estävään vaikutukseen. Säilöttyä viljaa ei tiivistetä eikä peitetä. Yleensä säilöntään käytetään propionihappoa, joka on todettu etikka- ja muurahaishappoa tehokkaammaksi tässä käyttötarkoituksessa. Propionihappoa annostellaan viljan kosteuden mukaan. Itse säilöntäprosessi tapahtuu siten, että viljaa kipataan ruuvikuljettimelle ja samalla siihen lisätään säilöntäaine hapottimella. Happo sekoittuu viljaan kuljettimessa. Viljan varastointiin käyvät monenlaiset varastot, jopa lattialla varastointi. On kuitenkin otettava huomioon, että viljan sisältämä propionihappo on erittäin syövyttävää, joten metallipinnat tai betonilattiat on suojattava. (Palva ym. 2005, 57.)

2.4.3 Ilmatiivis säilöntä

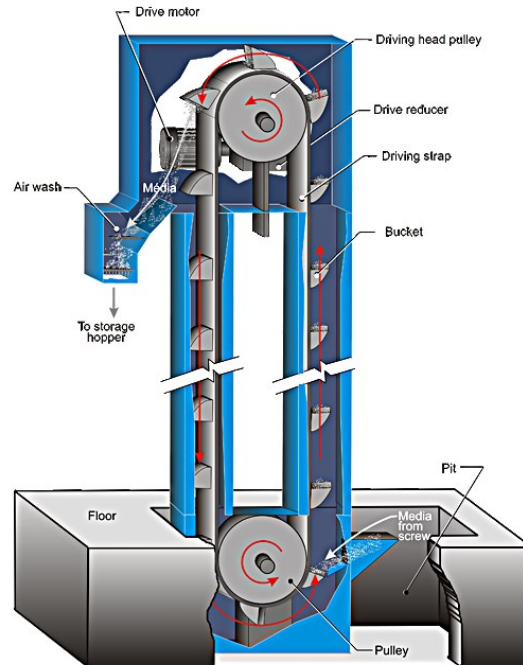
Ilmatiiviissä säilönnässä happi kuluu varastosta mikrobien ja viljan hengityksen seurauksena. Hapenpuutteesta johtuen useimpien haitallisten pieneliöiden toiminta loppuu. Hengityksen seurauksena varastoon muodostuu hiilidioksidia, jonka määrä varastossa kasvaa. Mikrobitoiminta ei kuitenkaan lopu kokonaan siilossa. Vähähappisessa tilassa muun muassa hiivat lisääntyvät. Jos viljan kosteus on yli 25 %, lisääntyy myös maitohappobakteerien toiminta. Viljaa voidaan varastoida ilmatiiviisti suursäkeissä tai suuremmissa määrissä kaasutiiviissä siiloissa. Viljan kosteuden ollessa yli 25 % voi kosteus aiheuttaa ongelmia viljan käsittelyssä, koska vilja voi jäättyä siilon seinämiin kiinni ja syntyneet paakut voivat tukkia kuljettimia. (Palva ym. 2005, 58.)

3 VILJANKUIVAAMON TOIMINTA

3.1 Elevaattori

Elevaattori on pystysuunnassa toimiva kuljetin, jolla voidaan siirtää kuivamolla viljaa. Kuvasta 1 näemme elevaattorin poikkileikkauksen. Se onkin kierrättävän lämminilmakuivaamon varsin keskeinen osa, sillä se nostaa kuivaussiilon alaosaan valuneen viljan takaisin ylös. Näin vilja saadaan

kiertämään kuivauksen aikana. Elevaattorilla voidaan myös siirtää kaatosuppilossa olevaa viljaa johonkin muualle, esimerkiksi kuivattavaksi kuivaussiiloon. Elevaattori toimii sähkömoottorilla, joka pyörittää hihnaa. Hihnaan on pultattu kuppeja, jotka kuljettavat viljaa ylöspäin.



Kuva 1. Elevaattorin poikkileikkaus (IST n.d.).

3.2 Esipuhdistin

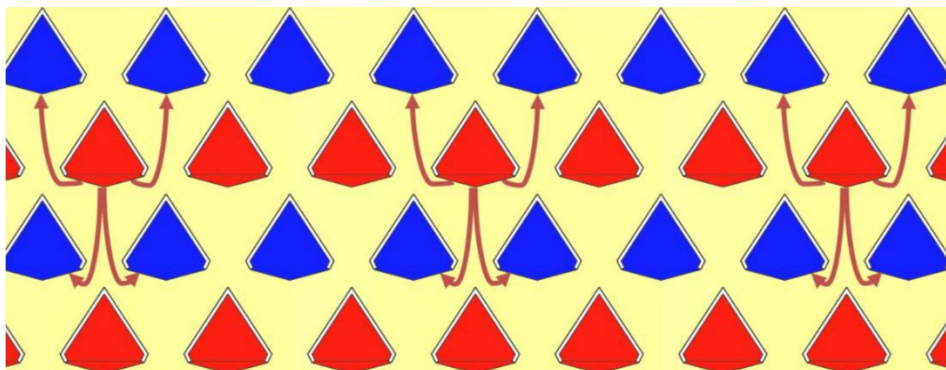
Ennen kuivaussiiloa vilja menee yleensä esipuhdistimen kautta. Esipuhdistin on laite, kuvassa 2, joka poistaa tehokkaasti roskia, pölyä, akanoita, piensiemeniä ja muita epäpuhtauksia. Puhdistimen toiminta perustuu alipaineeseen, jolla imetään kevyemmät partikkelit kuten roskat pois viljan seasta. Painavammat kappaleet, kuten viljan jyvät, eivät kuitenkaan lähde ilmapvirran mukaan. Mallista riippuen esipuhdistin sijoitetaan joko kuivurin yläkanteen tai elevaattorin yläpäähän. Parasta mahdollista tulosta varten voidaan molempiin paikkoihin sijoittaa esipuhdistin. Tällöin toiminnassa on kaksi esipuhdistinta samaan aikaan. (Arskametalli n.d.)



Kuva 2. Esipuhdistin (Arskametalli n.d.).

3.3 Kuivurikoneisto

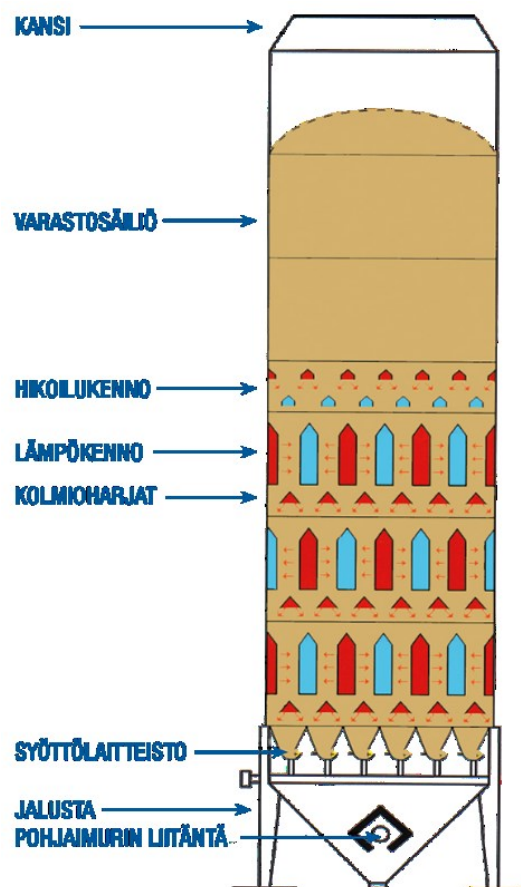
Yleisin kuivurityyppi maassamme on nykyään kennokuivuri. Kuivausosa koostuu A-kirjaimen muotoisista peltiprofiileista eli harjoista kuten voimme nähdä kuvasta 3. Kuivauskennoissa on kerroksittain kuivaus- ja poistoilmaharjoja. Lämmin kuivausilma puhalletaan alaspäin menevän viljan sekaan kuivausilmaharjojen avulla. Kuivausilma sitoo kosteutta viljasta ja poistuu poistoilmaharjojen ja kanavien kautta ulos. Koska harjakerrokset ovat toisiinsa nähden limittäin niin jyvät sekoittuvat ja kuivuvat tasaisesti valuessaan alaspäin. Kuten alla olevasta kuvasta voimme nähdä, niin punaisista harjoista koneistoon tulee lämmintä ilmaa ja viljan kautta ilma poistuu sinisten harjojen kautta ulos. (Palva ym. 2005, 37.)



Kuva 3. Kennokuivurin toimintaperiaate (Mepu 2017).

Sivusolakuivuri on hieman harvinaisempi kuivurityyppi. Siinä kuivurikoneistossa on reikä- tai suomulevyjen muodostamia solia, joita pitkin vilja kulkee alaspäin. Sivusolakuivurissa kuivausilma puhalletaan viljasolien läpi poikittain viljan valumissuuntaan nähden. Kuvassa 4 voimme nähdä sivusolakuivurin toimintaperiaatteen. Puhallus voi tapahtua jatkuvasti samaan suuntaan tai vuoron perään eri suuntiin. Muuten sivusolakuivurin rakenne ja toiminta on hyvin samanlainen kuin kennokuivurissa. Hikoilukennossa tapahtuu viljan esilämmitys. (Palva ym. 2005, 37.)

Kuivauskennoston alaosassa on syöttölaite, jolla voidaan määrätä viljan kiertonopeus kuivurissa. Syöttölaite annostelee viljan määrän elevaattorille, joka vie viljan takaisin kuivaussiilon yläosaan. Viljan valumisnopeutta voidaan muuttaa säätämällä syöttölaitteen toimintanopeutta taajuusmuuttajalla. Esimerkiksi näin voidaan nopeuttaa kuivaussiilon tyhjennystä kuivauksen jälkeen. Kuivaussiilon yläosassa ei tavallisesti ole kuivauskennoja vaan se toimii varastona, jossa viljan lämpötila ja kosteus tasaantuvat ennen uutta kuivauskierrosta. Varastotila mahdollistaa myös erikokoisten viljaerien kuivaamisen, koska alareunassa olevat lämpökennot pitää olla viljan peittäminä, ettei kuivausilma pääse karkaamaan siilon yläosan kautta ulos. Pienimpiä viljaeriä varten, jotka eivät täytä kuivurin lämpökennoja, voidaan osa lämpökennoista sulkea pois käytöstä. (Palva ym. 2005, 38.)

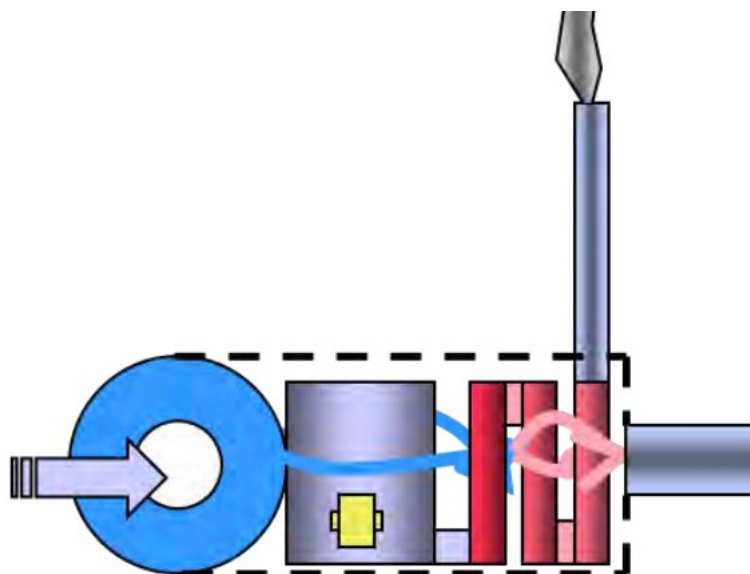


Kuva 4. Sivusolakuivurin toimintaperiaate (Arskametalli n.d.).

3.4 Kuivuriuuni

Kuivuriuuni on periaatteeltaan aivan samanlainen kuin mikä tahansa lämmitysuuni. Tulipesä on erikseen ja lämmönvaihdin on erikseen. Perinteisesti kuivureissa on kuitenkin käytetty suoraa ilmalämmitystä, mikä tarkoittaa sitä, että mitään välittäjäainetta ei ole kuten keskuslämmitysuuneissa. Näin on saatu aikaan edullinen ja yksinkertainen rakenne, jossa ei ole jäätymisvaaraa. Ylipaineuunissa puhalletaan ilmaa tulipesän ja lämmönvaihtimen kautta kuivuriin. Kuvassa 5 on esitetty perinteisen ylipaineuunin poikkileikkaus. Sen sijaan alipaineuunissa ilma imetään uunin ja koneiston läpi. Lämpimät pinnat lämmittävät lämmönvaihtimen läpi virtaavan ilman. Kuivuriuunien hyötysuhteet ovat hyvät. Parhaimmillaan ne voivat olla 85 % luokkaa. Kuivuriuunin polttoaineena voidaan käyttää polttoöljyä, haketta, puubrikettiä, puupellettiä, palaturvetta, viljaa, esipuhdistinjätettä tai maa- sekä nestekaasua. Erilaiset polttoaineet vaativat luonnollisesti erilaisia uuni- sekä varastoratkaisuja. (Hautala, Jokiniemi & Aho-kas 2013, 81.)

Puhallin saa aikaan ilmavirtauksen kuivurikoneistossa. Kuivureissa käytettäviä puhaltimia on kahta päätyyppiä, potkuripuhaltimia ja keskipakopuhaltimia. Potkuripuhallin eli aksiaalipuhallin muistuttaa ulkomuodoltaan lentokoneen potkuria. Siinä ilma liikkuu puhaltimen akselin suunnassa. Ne ovat hinnaltaan edullisia, mutta eivät sovellu kohteisiin, joissa tulee suuri vastapaine. Keskipakopuhaltimessa ilma liikkuu siivikon säteissuunnassa. Keskipakopuhallin kestää huomattavasti suurempia vastapaineita kuin potkuripuhallin. Tästä syystä sitä käytetäänkin kuivureissa, joissa on paksumia viljakerroksia. (Hautala ym. 2013, 58.)



Kuva 5. Kuivurin ylipaineuunin rakenne (Hautala ym. 2013, 82.)

4 LÄMMITYSVAIHTOEHDOT

4.1 Lähtötilanne

Tilalta löytyy viljankuivaamo, jonka koneiston kokonaistilavuus on 27,5 m³. Sitä lämmitetään Arskan 254 kW tehoisella öljykäyttöisellä ylipaineuunilla. Koneistoa on aikoinaan suurennettu lisäämällä kuivaus- ja varastokennoja, mutta öljypannu on jätetty silloin ennalleen. Tämän johdosta pannu on hieman alitehoinen ja kuivausajat venyvät pidemmiksi. Valmistaja suositelisi kyseisen kokoiselle kuivurille vähintään 310 kW uunia. 310 kW tehoisellakin uunillakin lämpöteho on kuulemma rajoilla kylminä öinä ja ilmamäärää pitäisi pienentää, että kuivaamoon menevän ilman lämpötila pysyy riittävänä. Koska kuivurin haluttiin toimivan säistä riippumatta samalla tavalla ja uuteen lämmitysratkaisuun haluttiin jättää pelivaraa isomman kuivurikoneiston varalle niin tilalla oltiin päädytty siihen, että uudessa lämmitysratkaisussa olisi 400 kW tehoa.

Nyt onkin tullut ajankohtaiseksi tehdä asialle jotain. Kaikki tilalla viljeltävä vilja käytetään eläinten rehuksi. Periaatteessa eläinten takia viljaa ei tarvitsisi kuivata, mutta tuoresäilöntä ei kuitenkaan ole vaihtoehto, koska tilalla käytettävä ruokintalaitteisto ei sovellu kuin kuivatulle viljalle ja sitä ei haluta muuttaa. Navetta on rakennettu niin sanotulla kapealla ruokintapöydällä, joka sopii matoruokkijalle. Traktorilla ja apevaunulla ei siis mahdu ajamaan nykyisellä ruokintapöydällä. Ruokintapöydän levittäminen ei myöskään onnistu, koska navetassa on rutilälattia ja slalom lannanpoisto, missä lietettä kierrätetään navetan pohjakuiluissa. Ainoa vaihtoehto on siis käyttää matoruokkijaa. Matoruokkijallakin voitaisiin jakaa rehu appeena, mihin kävisi tuoresäilötty vilja. Tämä kuitenkin vaatisi kiinteän apesekoittimen. Aperuokintaan ei haluta vaihtaa myös siitä syystä, että siinä kaikki eläimet saavat ns. keskimääräisesti sopivaa rehua. Nykyinen järjestelmä, jossa on ruokintakioskit, koetaankin paremmaksi juuri sen takia, että ruokinta on mahdollista säätää täysin eläinkohtaisesti. Kioskit toimivat myös täysin automaattisesti, eikä niistä koidu muuta työtä kuin tarkistaa, että kaikki toimii. Appeen tekemistä ei saisi automatisoitua näihin tiloihin vaan se pitäisi tehdä itse ainakin kerran tai kaksikin kertaa päivässä.

Kuivaamon vanhaa öljypoltinta ei myöskään haluttaisi korvata uudella öljypolttimella vaan lämmitys haluttaisiin vaihtaa omavaraiseen vaihtoehtoon, mikä tässä tapauksessa tarkoittaa haketta. Öljyn hinnan noustessa kuivaamon käyttökustannukset ovat myös nousseet. Hakkeen avulla niissäkin voitaisiin säästää, koska hakkeeksi kelpaa lähes mikä tahansa puutavara. Hakkeen avulla aikaisemmin arvottomat pellon reunojen risutkin voitaisiin muuttaa energiaksi.

Tilan muut kiinteistöt lämmitetään hakkeella. Hakelämmitystä varten onkin 2012 rakennettu lämpökeskus, jossa on kolme kappaletta tankopurkaimia ja 120 kW tehoinen Aritermin BioComp lämmityskattila. Viljan kuivausaikaan kiinteistöjä ei tarvitse lämmittää, joten suurin osa pannun kapasiteetistä olisi käytettävissä. Näin ollen pannun lämmitystehoa voitaisiin hyödyntää noin 100 kW verran esimerkiksi viljankuivaamolla. Lämpökeskukselta on vajaa 150 m matkaa kuivurille.

4.2 Öljyuuni

Öljyuuni on Suomessa yleisin tapa lämmittää kuivuria. Siinä energian lähteenä käytetään nimensä mukaisesti öljyä. Yleisimmin polttoaineena käytetään kevyttä polttoöljyä hyvän hyötysuhteen ja säädettävyyden takia. Öljyuunien yleisyyttä lisää myös se, että kevyen polttoöljyn polttoon tarvittava tekniikka on suhteellisen edullista ja käyttö helppoa. (Palva ym. 2005, 37.)

Öljyuuni Arska YP6500S
Max lämpöteho 412 kW
Hankintahinta 13 000 € Alv 0 (Sundman 2018)

Asennus 140 € Alv 0
Sähkötyö 120 € Alv 0

Kokonaishinta 13 260 € Alv 0

4.3 Biouuni

Biouuni on uuni, joka on suunniteltu kiinteitä polttoaineita varten. Uunin mallista ja palopäästä riippuen sillä voidaan polttaa haketta, pellettiä, turvetta, brikettiä, viljaa tai esipuhdistinjätettä.

Biouuni Arska EcoHeater 300
Max lämpöteho 400 kW
Hankintahinta 20 000 € Alv 0 (Sundman 2018)

Ariterm polttolaite
Hankintahinta 48 000 € Alv 0 (Sundman 2018)

Ala-Talkkari polttolaite
Hankintahinta 28 000 € Alv 0 (Sundman 2018)

Betonilaatta 500 € Alv 0
Asennus 560 € Alv 0
Sähkötyö 800 € Alv 0

Kokonaishinta Ariterm polttolaitteella 69 860 € Alv 0
Kokonaishinta Ala-Talkkari polttolaitteella 49 860 € Alv 0

4.4 Lämpökontti

Lämpökontti, kuvassa 6, on valmiiksi rakennettu kokonaisuus, missä on kaikki tarvittavat laitteet valmiiksi asennettuna. Useimmiten lämpökonteissa on erillinen kattilahuone ja polttoainevarasto. Kattilahuoneeseen on asennettu varustelusta riippuen kattila, poltin, polttoaineen syötön annostelulaitteet, tuhkanpoistolaitteet ja automatiikka. Varaston puolelle on asennettu pohjapurkain. Varaston katto voi olla mallista riippuen avattavissa joko hydraulisesti tai käsin. Konttiin asennetulla uunilla voidaan polttaa palopäästä riippuen esimerkiksi haketta, palaturvetta, brikettejä, pellettejä ja energiaviljaa. Lämpökontti voi olla kiinteä tai siirrettävä. Siirrettävää mallia olevat kontit on rakennettu vaihtolavan päälle, minkä ansiosta ne voidaan siirtää helposti esimerkiksi kuorma-autolla. Lämpökontin vaatimat rakennustyöt ovat varsin vähäiset verrattuna esimerkiksi erilliseen lämpölaitokseen. Riittää, että konttia varten on tukeva alusta. Useasti konttia varten valetaan betonista laatta, jonka päälle kontti lasketaan. Lämpökontti on nopea ottaa käyttöön, koska laitteet ovat asennettu valmiiksi. Riittää, että käyttöönotettaessa asennetaan vain sähkö- ja ohjausliitännät sekä ilma- ja savuputket. Kontin kytkeminen toimintakuntoon viekin usein vain muutamia tunteja. (Biofire n.d.)



Kuva 6. Lämpökontti (Alfaflame n.d.)

Lämpökontti AlfaFlame

Max lämpöteho 400 kW

Hankintahinta 70 000 € Alv 0 (Sundman 2018)

Betonilaatta 1000 € Alv 0

Asennus 140 € Alv 0

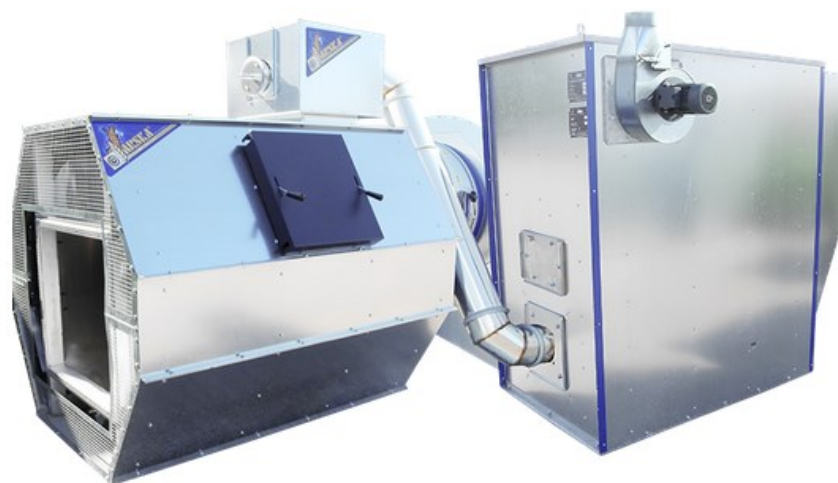
Sähkötyö 160 € Alv 0

Kokonaishinta 71 300 € Alv 0

4.5 Etu-uuni

Etu-uuni on öljykäyttöisen kuivuriuunin lisälaitte, jonka avulla kuivuri voidaan muuttaa öljyltä hakekäyttöikseksi. Kuvassa 7 on etu-uuni liitettynä öljyuuniin. Se soveltuu kaikkiin uunimalleihin, myös muidenkin valmistajien uuneihin. Etu-uunia käyttäessä kuivausilma imetään uunin läpi ja savukaasut johdetaan öljyuunin lämmönvaihtimeen öljypolttimen aukon kautta. (Arskametalli n.d.)

Etu-uuni hyödyntää öljyuunin puhallinta. Vaihto takaisin öljykäyttöiseksi on helppoa ja nopeaa. Riittää, että öljypolttimen aukkoon menevä savukaasuputki poistetaan ja öljypoltin asennetaan takaisin. Öljyllä lämmitettäessä ilma imetään myös etu-uunin läpi. Tämä nostaa imettävän ilman lämpötilaa ja tehostaa öljyuunin toimintaa. Etu-uuni voidaan varustaa erilaisilla palopäillä. Kiinteäarinaisella palopäällä voidaan polttaa vain haketta, mutta liikkuvalla arinalla varustetulla palopäällä voidaan polttaa hakkeen lisäksi myös esimerkiksi viljaa tai esipuhdistinjätettä. (Sundman 2018)



Kuva 7. Etu-uuni liitettynä öljypannuun (Arskametalli n.d.)

Etu-uuni Arska 400
Max lämpöteho 412 kW
Hankintahinta 15 000 € Alv 0 (Sundman 2018)

Ariterm polttolaite
Hankintahinta 48 000 € Alv 0 (Sundman 2018)

Ala-Talkkari polttolaite
Hankintahinta 28 000 € Alv 0 (Sundman 2018)

Betonilaatta 500 € Alv 0
Asennus 630 € Alv 0
Sähkötyö 800 € Alv 0

Kokonaishinta Ariterm polttolaitteella 64 930 € Alv 0
Kokonaishinta Ala-Talkkari polttolaitteella 44 930 € Alv 0

4.6 Radiaattori

Kaukolämmössä kuivaamon tarvitsema energia saataisiin ulkopuolisesta lämpökeskuksesta ja johdettaisiin kuivurille kaukolämpönä putkia pitkin. Lämpö siirretään nestekiertoisella radiaattorijärjestelmällä. Radiaattori on lämmönvaihdin, joka sijoitetaan kuivuriuunin imupuolelle. Sen avulla nesteessä oleva lämpöenergia voidaan siirtää kuivausilmaan. Kuivausilman lämmittäminen radiaattorilla voidaan jakaa kahteen pääluokkaan. Kuivaamon tarvitsema lämpö voidaan tuottaa kokonaan tai osittain radiaattorin avulla.

Nestekiertoisessa radiaattori järjestelmässä kuivaamon kanavalämpötilat voivat olla 65 – 85 °C luokkaa. Tähän vaikuttaa usein lämminvesikattiloiden maksimi käyttölämpötilan raja 110 °C. Radiaattorin koko pitääkin mitoittaa tilanteen ja käytön mukaan. Radiaattoria valittaessa tulee ottaa huomioon, ettei radiaattorin aiheuttama ilmanvastus ole liian suuri, jotta riittävän paljon kuivausilmaa voi kulkea sen kautta. Radiaattorin kiertoon suositellaan aina käytettäväksi glykolia. Glykoli estää putkien ja laitteiden jäätymisen talvella. Glykoli ei ole pakollista, mutta ilman sitä on huolehdittava, etteivät putket ja laitteet pääse jäätymään. Pieni kierto järjestelmässä ehkäisee jäätymisen talvella. (Koskiniemi 2009, 14.)

Nestekiertoinen radiaattorijärjestelmä mahdollistaa lämpökeskuksen tehokkaamman käytön. Toisaalta ongelmaksi kuitenkin muodostuu kuivaamon iso energian tarve verrattuna muihin rakennuksiin. (ProAgria n.d.)

Radiaattori Tornum
Max lämpöteho 105 kW

Hankintahinta 1200 € Alv 0 (Krokfors 2018)

Lämpöputki 50/50 mm 12413 € Alv 0

Kiertovesipumppu 622 € Alv 0 (Ahlzell n.d.)

Kaivuutyö 550 € Alv 0

Asennus 280 € Alv 0

Sähkötyö 40 € Alv 0

Kokonaishinta 15105 € Alv 0

5 KUSTANNUSLASKELMAT

5.1 Investointikustannukset

Taulukko 1. Lämmitysjärjestelmien investointikustannukset

Laite		Investointikustannus Alv 0	Investointituki (%)	Lopullinen kustannus Alv 0
Öljyuuni		13260	25	9945
Biouuni	hake ja jäte	69860	40	41916
	vain hake	49860	40	29916
Etu-uuni	hake ja jäte	64930	40	38958
	vain hake	44930	40	26958
Lämpökontti		71300	40	42780
Radiaattori		15105	40	9063

Taulukkoon 1 on koottu lämmitysjärjestelmien hankintahinnat ja investointitukiprosentit. Taulukkoon on myös laskettu kunkin investoinnin lopullinen kustannus.

Maatilan energiantuotannon tarvittaviin rakentamisinvestointeihin myönnetään investointitukea. Avustuksen määrä on 40 % hyväksyttävistä kustannuksista AB-tukialueella. Investointi on kuitenkin tukikelpoinen vain siltä osin kuin energia käytetään maatalouden tuotantotoimissa. Tuen saannin edellytyksenä on myös se, että energialaitoksessa käytetään uusiutuvaa energialähdettä. (Mavi n.d.)

Viljan ja heinän kuivaamiseen tarkoitettuihin kuivaamon rakentamisinvestointeihin ja vaunukuivureiden hankintaan myönnetään investointitukea. Avustuksen määrä AB-tukialueella on 25 % hyväksyttävistä kustannuksista. (Mavi n.d.)

Aritermin ja Ala-Talkkarin polttolaitteiden erot selittyvät erilaisilla ratkaisuilla. Molemmat sisältävät palopään, kuljettimet, hakesiilon, ohjauskeskuksen yms. Ero tulee kuitenkin siinä, että Aritermin palopään arina on liikkuva, mutta Ala-Talkkarin vaihtoehdossa se on kiinteä. Liikkuva arina mahdollistaa hakkeen polttamisen lisäksi myös viljan ja esipuhdistinjätteen polttamisen. Kiinteällä arinalla on mahdollista polttaa ainoastaan haketta. Myös hakesiilot eroavat toisistaan. Aritermin siilossa on tankopurkain, joka siirtää haketta ruuville. Sen sijaan Ala-Talkkarin siilossa on jousipurkain.

Laitteiden hinnat on kysytty suoraan myyjiltä. Nämä hinnat eivät sisällä rahtia tai asennusta. Eri järjestelmissä tarvittavat rakennus-, sähkö-, putki- ja kaivuutyöt sekä niistä aiheutuvat kustannukset on arvioitu itse. Tarvittavat laitteiden ja tavaroiden siirrot on ajateltu tehtäväksi tilan omalla traktorilla. Traktorista aiheutuvia kustannuksia ei ole huomioitu työssä. Uuden öljyuunin asennuskustannus on pieni tässä tapauksessa, koska se sopii suoraan vanhan tilalle. Tämän takia vanha ilma- ja pakoputki voidaan hyödyntää sinällään.

5.2 Käyttökustannusten lähtötiedot

Viljaa viljellään 50 ha alalla ja laskelmissa oletetaan hehtaarisadoksi 4000 kg/ha. Tästä voidaan laskea viljasadon kokonaismäärä. Kaavassa 1 nähdään, että x on hehtaarisato ja a on pinta-ala. Sijoittamalla arvot kaavaan saadaan viljasadon tulokseksi 200000 kg.

$$x \cdot a = \text{viljamäärä} \quad (1)$$

Kaavassa 2 M_{vpoisto} on viljasta poistettavan veden määrä, M_{puinti} on kuivat-tavan viljan määrä, w_a on puintikosteus ja w_l on varastointikosteus. Puinti-kosteudeksi oletetaan 22 % ja varastointikosteudeksi 13 %.

$$M_{\text{vpoisto}} = M_{\text{puinti}} \cdot \frac{w_a - w_l}{1 - w_l} \quad (2)$$

M_{puinti} on 200000 kg, w_a on 0,22 ja w_l 0,13.

$$M_{\text{vpoisto}} = 200000 \text{ kg} \cdot \frac{0,22 - 0,13}{1 - 0,13}$$

M_{vpoisto} on noin 20689,65 kg. Kaavan 2 mukaisella laskulla saadaan siis selville, että viljasta poistettava vesimäärä on siis noin 20690 kg.

Kaavassa 3 E_k on kuivauksen energian kulutus, M_{vpoisto} on poistettavan veden määrä ja q_{om} on lämminilmakuivauksessa vesikilon haihduttamiseen tarvittava energiamäärä. Kuivurista ja sen kunnosta riippuen q_{om} arvo

vaihtelee. Energia-akatemia tietojen mukaan tarvittava energiamäärä on tyypillisesti 1,4 – 2 kWh/vesi kg. (Hautala ym. 2013, 89.) ProAgria antaa puolestaan vaihteluväliksi 1,25 – 1,95 kWh/vesi kg. (ProAgria n.d.) Oletetaan, että kuivaamo on hyvässä kunnossa ja koska laskuissa on muutenkin noudatettu Energia-akatemia kaavoja ja arvoja niin valitaan arvoksi 1,4 kWh/vesi kg.

$$E_k = M_{vpoisto} \cdot q_{om} \quad (3)$$

$$E_k = 20690 \text{ kg} \cdot 1,4 \text{ kWh/kg}$$

E_k arvoksi saadaan 28966 kWh. 20690 vesikilon haihduttamiseen siis tarvitaan 28966 kWh energiaa.

5.3 Öljy

Öljyssä on energiaa 10 kWh/l ja hyötysuhde on 90 % paikkeilla, jolloin yhdestä öljylitrasta saadaan lämpönä 9 kWh. (Hautala ym. 2013, 89.) Jaetaan tarvittu energiamäärä 28966 kWh öljylitran antamalla 9 kWh:lla. Tästä saadaan tulokseksi noin 3218 l. Toisin sanoen haluttuun lämmitysenergian määrään tarvitaan 3218 litraa öljyä. Lämmitysöljyn hinnaksi oletetaan 0,75 €/l Alv 0. Kerrotaan tarvittu litramäärä hinnalla ja tulokseksi saadaan noin 2414 € Alv 0.

5.4 Hake

Puun ja muiden biopolttoaineiden tilanne on hieman hankalampi, koska ne sisältävät vettä, mikä vähentää lämpösisältöä. Lämpösisällön arvo voidaan kuitenkin laskea kaavan 4 mukaisella laskulla. Siinä H_a on biopolttoaineen lämpösisältö, H_{ak} on täysin kuivan polttoaineen lämpöarvo (0 % kosteus) ja w on polttoaineen kosteus. H_{ak} tilalle sijoitetaan taulukkoarvo, mikä on puulla 19 MJ/kg. Hakkeen kosteudeksi oletetaan 30 %, mikä sijoitetaan w :n tilalle.

$$H_a = H_{ak} \cdot (1 - w) - 2,443 \cdot w \quad (4)$$

$$H_a = 19 \text{ MJ/kg} \cdot (1 - 0,3) - 2,443 \cdot 0,3$$

H_a arvoksi saadaan 12,5671 MJ/kg. Tarvittava energian määrä on eri yksikössä, joten joudumme muuttamaan biopolttoaineesta saadun energiamäärän yksikköä kWh/kg muotoon. 1 kWh on 3,6 MJ, joten jaamme 12,5671:n 3,6:lla. H_a on siis 3,49 kWh/kg.

Hakepannun hyötysuhde on hieman öljypannua huonompi. Käytetään laskuissa hyötysuhteen arvona 80 %. (Motiva 2010) H_a 3,49 kerrotaan siis

0,8:lla. Siitä tulokseksi saadaan 2,78 kWh/kg. Hakkeesta hyötykäyttöön saatavan energian määrä on siis 2,78 kWh/kg.

Aikaisemmin viljan kuivaamiseen tarvittavan energian määräksi oli laskettu 28966 kWh. Tämä arvo jaetaan 2,78 kWh/kg niin saadaan tarvittava hakemäärä. Haketta tarvitaan siis noin 10420 kg.

Biopolttoainemääriä ei yleensä punnita vaan ne myydään kuutioittain. Tätä varten tarvitaan tilavuuspaino, mihin hakkeen tapauksessa vaikuttavat hakkeen koko ja kosteus. Hake painaa olosuhteista riippuen 250 – 320 kg/m³. Oletetaan, että käytettävä hake painaa 250 kg/m³. (ProAgria n.d.) Tällöin kun tarvittava hakemäärä jaetaan tilavuuspainolla, niin saadaan tulokseksi noin 42 m³. Haketta tarvitaan siis 42 m³ näillä oletusarvoilla viljan kuivaamiseen. Hakkeen hinnaksi oletetaan 20 €/m³ Alv 0. Tällöin hakkeen hinnaksi tulisi 840 € Alv 0.

5.5 Radiaattori

Lämpöputkeksi valitaan Uponorin EcoFlex Thermo. Kyseinen putki erottuu edukseen siinä, että se soveltuu jatkuvalla +95 °C käyttölämpötilalle, vaikka kyseessä on muoviputki. Esimerkiksi Uponorin halvempi putki EcoFlex Aqua kestää vain +70 °C käyttölämpötilan jatkuvassa käytössä. Muovisen kanaaliputken valintaa puoltaa myös se, että putkeen ei tarvitse tehdä liitoksia matkalle, kuten metallisiin kanaaliputkiin pitäisi tehdä. EcoFlex Thermoa toimitetaan maksimissaan 200 m pituisina pätkinä, joten pituus riittää hienosti tarvittavalle 150 m matkalle. (Uponor n.d.)

Lämpöputkia valittaessa oikea putkikoko on tärkeä. Tähän valmistajilta löytyy omia taulukoita, joista putket voidaan valita, kun tiedetään muutamia perusasioita. Ensimmäisenä pitää tietää menevän ja palaavan veden lämpötilaero. Radiaattorivalmistajan mukaan hankkeeseemme sopiva radiaattori alentaa lämmitysjärjestelmän veden lämpötilaa 15 – 20 °C. Putkenmitoitustaulukossa on suoraan 20 °C lämpötilaero yhtenä vaihtoehtona, joten käytämme sitä arvoa. Seuraavaksi pitää tietää tarvittava lämpöteho, mikä tässä tapauksessa on 100 kW. Viimeisenä pitää tietää painehäviö. Tällaista tietoa varmastikaan ei kovin moni tiedä, joten taulukkoon onkin tehty valmiiksi eri värillä ns. suositeltu alue. Kun kaikkia näitä ehtoja noudatetaan niin putkeksi voidaan valita 2x50 mm putki. (Uponor n.d.)

Lämpökanaali hukkaa aina energiaa. Esiteessä olevissa taulukoissa on valmiiksi määriteltäviä hukkalämmön määriä erikokoisille putkille metrin matkaa kohden. Hukkalämmön määrään vaikuttaa kanaalin pituus, lämpöputkien koko ja meno- sekä paluuv veden lämpötilaero. Työssä on aikaisemmin määritetty 50 mm halkaisijalla oleva putki riittävän isoksi. Tällöin hukkalämpöä syntyy 15 W/m. (Uponor n.d.) Lämpöputken kokonaispituudeksi tulee 150 m, joten hukkalämpöä syntyy 2250 W eli 2,25 kW.

Hakkeella saadaan siis tuotettua 97,75 kW. Vanhan öljyuunin teho on 254 kW. Täydellä teholla öljyuuni kuluttaa 29,3 litraa öljyä tunnissa. Kuivaukseen tarvittavaksi öljymääräksi laskimme aiemmin 3218 l. Tästä voidaan laskea, että öljypoltin käy noin 110 tuntia. Annetuista arvoista voidaan myös laskea, että 1 kW tuottamiseen tarvitaan 0,1153 l öljyä. Kun öljyuunin tehosta vähennetään hakkeella tuotetun energian määrä, saadaan vastaukseksi 156,5 kW. Hakkeella tuotetaan siis 97,75 kW ja öljyllä 156,5 kW. Tarvittava öljymäärä voidaan laskea siten, että 156,5 kW kerrotaan 1 kW:n tuottamiseen tarvittavalla öljymäärällä eli 0,1153 l:lla ja tämä kerrotaan vielä käyttötuntimäärällä eli 110 tunnilla. Tästä öljyntarpeeksi saadaan noin 1985 l.

Hakkeella tuotetaan 97,5 kW 110 tunnin ajan eli energiaa tarvitaan 10725 kWh. Aikaisemmin olemme laskeneet, että hakkeesta hyötykäyttöön saatavan energian määrä on 2,78 kWh/kg. Tästä voimme laskea jakamalla tarvittavan energian määrä hakkeen sisältämällä energialla, että haketta tarvitaan noin 3858 kg. Oletetaan, että hake painaa 250 kg/m³. Kun tarvittava määrä jaetaan hakkeen tilavuuspainolla, niin tarvittavaksi hakemääräksi saadaan noin 15,5 m³.

Radiaattorin avustuksella viljaa kuivattaessa öljyä kului 1985 l ja haketta 15,5 m³. Aikaisemmin käytimme öljyn hintana 0,75 €/l Alv 0. Tällä hinnalla laskettuna öljy tulee maksamaan 1488,75 €. Hakkeen hintana käytimme 20 €/m³ Alv 0. Tästä hakkeen hinnaksi saadaan laskettua 310 €. Yhteensä lämmitys radiaattorin avulla tulee siis maksamaan noin 1799 € Alv 0.

6 YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Pelkästään öljyllä viljan kuivaaminen tuli siis maksamaan 2414 €, hakkeella 840 € ja öljyn sekä hakkeen yhdistelmällä 1799 €. Hakkeen käytöllä saatiin siis aina säästöä verrattuna pelkkään öljyn käyttöön. Pelkän hakkeen käyttäminen kuivurin lämmittämiseen säästää käyttökustannuksissa 1574 € vuodessa. Jos valittaisiin hakejärjestelmäksi kaikkein halvin ratkaisu eli etuuni ja vain hakkeelle sopiva poltin niin investointikustannukseksi jäisi tukien jälkeen 26958 €. Käyttökustannusten säästöllä investointi maksaisi itsensä takaisin noin 17 vuodessa.

Radiaattorin käytöllä säästöä saatiin käyttökustannuksissa 615 €. Radiaattorin investointikustannukset olivat kaikkein alhaisimmat 9063 €. Pelkästään käyttökustannukset huomioiden radiaattori maksaisi itsensä takaisin noin 15 vuodessa.

Todellisuudessa kannattavuuslaskelmia tehdessä huomioon pitäisi ottaa myös oman työn hinta, sijoitetulle pääomalle saatu korko yms. Tällaista laskelmaa varten käytin apunani Hannu Mikkolan tekemään valmista

Excel-taulukkoa. Liitteenä 1 on kuva taulukosta ja sen arvoista. Kun taulukoon syöttää työssä käyttämäni arvot niin käy ilmi, ettei tilanne olekaan niin hyvä kuin omissa laskelmissani. Kun kaikki asiat huomioidaan, niin hakkeella lämmittäminen tuleekin 517 € kalliimmaksi kuin öljyllä lämmittäminen. Tästä syystä taulukko antaa hakejärjestelmän takaisinmaksuajaksi miinusmerkkisen arvon, mikä kertoo sen, ettei järjestelmä maksa ikinä itseään takaisin.

Näin pienellä viljamäärällä hakejärjestelmä ei siis ole kannattava investointi. Eräs myyntimies totesikin minulle, että jos kuivaukseen tarvittava öljynkulutus on alle 10 000 l niin hakejärjestelmä ei oikein maksa itseään takaisin.

Sähkönkulutusta ei ole huomioitu laskelmissa ollenkaan. Tämä johtuu siitä, että kaikissa vaihtoehtoissa suurin osa sähköstä kuluu kuivurin pannun puhaltimeen, joka on kaikissa vaihtoehtoissa samanlainen. Toki jokaisessa vaihtoehdossa on omat sähkökulunsa. Öljyllä kuivattaessa öljypoltin kuluttaa sähköä. Hakkeella kuivattaessa sähköä kuluu ilma- ja savukaasupuhaltimiin sekä purkaimien ja kuljettimien toimintaan. Purkaimet ja kuljettimet käyvät toisalta vain harvakseltaan, joten niidenkin kuluttama sähkön määrä jää varsin vähäiseksi. Radiaattorilla esilämmitettäessä sähköä kuluu kiertovesipumpun toimintaan. Tässä vaihtoehdossa olevalle hakejärjestelmälle ei oikein voi laskea sähkönkulutusta, koska kyseinen järjestelmä olisi käytössä joka tapauksessa riippumatta siitä onko kuivuri toiminnassa vaiko ei.

Työssä käsiteltiin Ali-Simolan tilan tapausta niin sanotusti yleisellä tasolla. Käyttökustannuksissa voitaisiinkin todellisuudessa säästää, koska hakepuut saadaan omasta metsästä. Lisäksi niiden teko ja ajaminen onnistuu omalla kalustolla. Ainoastaan haketus täytyy teettää urakoitsijalla. Myöskään maataloudessa harvemmin lasketaan omalle työlle mitään palkkaa tai sijoitetulle pääomalle korkoa tai ne jäävät ainakin laskuissa käytettyjä arvoja pienemmäksi. Nämä tekijät olisivat parantaneet hakelämmityksen kannattavuutta. Hakelämmityksen hyväksi puoleksi voidaan myös laskea se, että hakkeeksi kelpaa melkein mikä tahansa puu. Hakkeen kautta saadun säästön avulla aikaisemmin lähes arvottomille risuillekin saadaan hyvä hinta, jos energiaa ei tarvitse ostaa öljynä.

Aivan pienellä vilja-alalla hakkeella kuivurin lämmittäminen ei kannata. Mikäli hakkeenpolttoon tehdyllä investoinnilla saatu hyöty jää varsin pieneksi, kannattaa investointia miettiä. Hakelaitteiden toimintavarmuus ei ole aivan samaa tasoa kuin öljypoltin. Öljypoltin on yleensä erittäin varma toimimaan, kun taas hakejärjestelmät ovat alttiimpia toimintahäiriöille. Esimerkiksi jos hake ei ole tasalaatuista, voi joku isompi puun kappale jumittaa kuljettimia, mikä pahimmassa tapauksessa aiheuttaa pannun sammumisen. Toki laitteet ovat kehittyneet nykyään ja toimintahäiriöistä tulee heti ilmoitus puhelimeen, jolloin ongelmat päästään korjaamaan

nopeasti. Käytännössä maanviljelijät ovat kuitenkin erittäin kiireisiä puinitaikaan, eikä silloin olisi aikaa mihinkään ylimääräiseen.

Isommassa mittakaavassa hakelämmitys kuivurilla on järkevää. Tein liitteen 1 laskurilla kokeiluja ja muutin vilja-alaksi 100 ha. Tällöin laskuri näytti investoinnin kannattavaksi ja antoi takaisinmaksuajaksi 22,3 vuotta, kuten voimme nähdä liitteestä 2. Liitteen 3 laskelmista voimme nähdä, että 200 ha vilja-alalla takaisinmaksuaika olisi enää 5,1 vuotta. Voidaankin todeta, että 200 ha vilja-alalla myös kalliimpikin hakejärjestelmä maksaisi itsensä takaisin. Tein myös kokeilun siitä, miten öljyn hinnan nousu vaikuttaa hakkeella lämmittämisen kannattavuuteen. Liitteessä 4 vilja-alana on pidetty 50 ha, mutta öljyn hinta on nostettu 1,3 €/l Alv 0. Kyseisessä tilanteessa hakelämmitys olisi järkevä vaihtoehto ja sen takaisinmaksuaika olisi 15,8 vuotta. Alle 1,3 € Alv 0 öljyn litrahinnoilla hakkeen käyttäminen energiana ei ole kannattavaa 50 ha vilja-alalla.

Ali-Simolan tilan tapauksessa kuivurin lämmittäminen pelkästään hakkeella ei ole kannattavaa. Työssä esitellyistä ratkaisuista nykyisen öljyuunin auttaminen radiaattorilla olisi varmasti kustannusten kannalta järkevin vaihtoehto. Lisäksi näin voitaisiin tehostaa jo olemassa olevan lämpökeskuksen käyttöä. Työssä piti kuitenkin ottaa huomioon se, että tilan nykyinen öljyuuni on liian tehoton ja että siihen halutaan parannusta.

Mikäli radiaattorin avulla halutaan säästää polttoöljykustannuksissa niin ei kuivurin uunin tehoon saada haluttua korotusta. Radiaattoria on myös mahdollista käyttää niin, että öljyuunissa poltetaan maksimimäärä öljyä ja radiaattorilla esilämmitetään imuilmaa siitä huolimatta. Arskametallin myyjän mukaan imuilman korottaminen 50 °C asteeseen tehostaa nykyisen öljyuunin tehoa 100 kW verran. (Sundman 2018) Tällaisella järjestelmällä uunin tehoksi saataisiin 354 kW. Se olisi jo enemmän kuin valmistajan suosittelema 310 kW. Isomman koneiston varalle haluttua pelivaraa ei tosin juurikaan jää.

Mikäli kuivurille haluttaisiin laittaa kokonaan uudet lämmitysjärjestelmät niin mielestäni etu-uuni voisi olla paras vaihtoehto. Etu-uunin voi varustaa itse juuri sellaisella palopäällä ja hakevarastolla kuin haluaa. Lisäksi etu-uuni on halvempikin kuin valmis biouuni. Tämän ratkaisun selvänä etuna on mahdollisuus käyttää joko öljyä tai haketta lämmittämiseen. Etu-uunin ja öljyuunin kokonaisuus saadaan nopeasti muutettua öljykäyttöiseksi, riittää että öljypoltinaukkoon menevä savukaasuputki otetaan pois ja öljypoltin laitetaan sen tilalle. Huonona puolena tässä yhdistelmässä on sen vaatima tilan tarve. Useasti pannuhuoneet ovat aika pieniä ja kahden uunin kokonaisuus vaatii tilaa.

LÄHTEET

Ahlsell (n.d.) Haettu 18.4.2018 osoitteesta

<https://www.ahlsell.fi/>

Alfaflame (n.d.) Lämpökontti. Haettu 6.4.2018 osoitteesta

<http://www.alfaflame.eu/fi#node-59>

Arskametalli (n.d.) Biouunit. Haettu 9.4.2018 osoitteesta

<http://fi.arskametalli.fi/biouunit>

Arskametalli (n.d.) Etu-uuni liitettynä öljypannuun. Haettu 9.4.2018 osoitteesta

<http://fi.arskametalli.fi/biouunit>

Arskametalli (n.d.) Esipuhdistin. Haettu 26.3.2018 osoitteesta

<http://fi.arskametalli.fi/puhdistimet>

Arskametalli (n.d.) Esipuhdistimet. Haettu 26.3.2018 osoitteesta

<http://fi.arskametalli.fi/puhdistimet>

Arskametalli (n.d.) Sivusolakuivurin toimintaperiaate. Haettu 27.3.2018 osoitteesta

<http://fi.arskametalli.fi/sites/default/files/pictures/tuotteet/kuivurit/koneisto2017.png>

Biofire (n.d.) Hakelämpökontti. Haettu 4.4.2018 osoitteesta

<https://www.biofire.fi/lampokontti>

Hautala, M., Jokiniemi, T. & Ahokas, J. (2013). *Energia akatemia maatila-kuivurit*. Helsinki: Maataloustieteiden laitos.

IST (n.d.). Elevaattorin poikkileikkaus. Haettu 26.3.2018 osoitteesta

<http://istsurface.com/wp-content/uploads/2017/07/Bucket-Elevator-Diagram.png>

Koskiniemi, E. (2009). *Viljan kuivaus kotimaisella polttoaineella -opas*. Sas-tamala: Vammaspains.

Krokkfors, M. (2018) Myyjä. Tornum AB Oy. Puhelinhaastattelu 19.4.2018.

Mavi (n.d.). Tukikohteet. Haettu 20.4.2018 osoitteesta

http://www.mavi.fi/fi/tuet-ja-palvelut/viljeliija/maatalouden_investointi-tuet/Sivut/tukikohteet.aspx

Mepu (2017). Kennokuivurin toimintaperiaate. Haettu 27.3.2018 osoitteesta
http://www.mepu.fi/files/7314/9724/6902/D03835_FI_2017A_Kuivurikoneistot_S_M_C_kaytto_ohje_web.pdf

Mikkola, H. (2013). Hake-Öljy -vertailu. Haettu 20.4.2018 osoitteesta
https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0ahUKEwjst4j3vNLaAhWHli-wKHZMOCQ4QFggsMAA&url=https%3A%2F%2Fwww.proagria.fi%2Fsites%2Fdefault%2Ffiles%2Fattachment%2Foljy_hakejarjestelman_vertailulas-kuri_hm_3_10_2013.xlsx&usg=AOvVaw0q9W9_ej5DCjuKiF7IHF7z

Motiva (2010). Energiatohokkuus sopimukset. Haettu 19.4.2018 osoitteesta
https://www.motiva.fi/files/3193/Polttoaineiden_lampoarvot_hyotysuhteet_ja_hiilidioksidin_ominaispaastokertoimet_seka_energianhinat_19042010.pdf

Palva, R., Kirkkari, A. & Teräväinen, H. (2005). *Viljasadon käsittely ja käyttö*. Keuruu: Otava Kirjapaino Oy.

ProAgria (n.d.). Haettu 12.4.2018 osoitteesta
https://www.proagria.fi/sites/default/files/attachment/kilpelainen_viljankuivauksen_teoraa.pdf

Sundman, P. (2018) Tehtaan edustaja. Arskametalli Oy. Puhelinhaastattelu 13.4.2018.

Suomi, P., Lötjönen, T., Mikkola, H., Kirkkari, A. & Palva, R. (2003) *Viljan korjuu ja varastointi laajenevalla viljatilalla*. Data Com Finland Oy.

Uponor (n.d.). Ecoflex systems -esite.

Hake-Öljy -järjestelmien kustannusvertailu 50ha

Hake-Öljy -järjestelmien kustannusvertailu									
©Hannu Mikkola 3.10.2013									
Lähtötiedot:									
		Vilja-ala		50 ha				Ohje:	
		Hehtaarisato		4000 kg/ha					
		Kuivattava viljamäärä		200000 kg					
		Puintikosteus		22 %					
		Varastokosteus		13 %					
		Poistettava vesimäärä		20690 kg					
		Öljyn tarve		2897 l					
		Hakkeen polton hyötysuhde		80 %					
		Hakkeen kosteus		30 %					
		Hakkeen tarve		45 m3					
		Hakkeen hinta		20,00 €/m3					
		Öljyn hinta		0,75 €/l					
		Oman työn hinta		20,00 €/h					
		Korkokanta		5 %					
		Poisto aika		15 vuotta					
Öljyvaihtoehto					Hakevaihtoehto				
		Uusi öljyuuni	10000 €				Hakeuuni	27000 €	
		Muuta?	€				Hakevarasto	€	
			€				Muuta?	€	
			€					€	
			€					€	
			€					€	
		Yhteensä	10000 €				Yhteensä	27000 €	
		Annuiteetti	-963 €				Annuiteetti	-2 601 €	
		Polttoaine €/vuosi	2172 €				Polttoaine €/vuosi	892 €	
							Lisätyö, h	8	160 €
							(15 min/erä)		
		Investoinnit ja polttoaine					Investoinnit työ ja polttoaine		
		yhteensä	3136 €				yhteensä	3653 €	
							Erotus öljy - hake	-517 €	
		Hakejärjestelmään tehdyn lisäinvestoinnin takaisinmaksuaika						-32,9 vuotta	

(Mikkola 2013)

Hake-Öljy -järjestelmien kustannusvertailu 100ha

Hake-Öljy -järjestelmien kustannusvertailu							
©Hannu Mikkola 3.10.2013							
Lähtötiedot:				Vilja-ala	100 ha		Ohje:
				Hehtaarisato	4000 kg/ha		
				Kuivattava viljamäärä	400000 kg		
				Puintikosteus	22 %		
				Varastokosteus	13 %		
				Poistettava vesimäärä	41379 kg		
				Öljyn tarve	5793 l		
				Hakkeen polton hyötysuhde	80 %		
				Hakkeen kosteus	30 %		
				Hakkeen tarve	89 m3		
				Hakkeen hinta	20,00 €/m3		
				Öljyn hinta	0,75 €/l		
				Oman työn hinta	20,00 €/h		
				Korkokanta	5 %		
				Poistoaika	15 vuotta		
Öljyvaihtoehto				Hakevaihtoehto			
Uusi öljyuuni				10000 €	Hakeuuni		27000 €
Muuta?				€	Hakevarasto		€
				€	Muuta?		€
				€			€
				€			€
Yhteensä				10000 €	Yhteensä		27000 €
Annuiteetti				-963 €	Annuiteetti		-2 601 €
Polttoaine €/vuosi				4345 €	Polttoaine €/vuosi		1783 €
					Lisätyö, h		160 €
					(15 min/erä)		
Investoinnit ja polttoaine					Investoinnit työ ja polttoaine		
yhteensä				5308 €	yhteensä		4544 €
					Erotus öljy - hake		764 €
Hakejärjestelmään tehdyn lisäinvestoinnin takaisinmaksuaika					22,3 vuotta		

(Mikkola 2013)

Hake-Öljy -järjestelmien kustannusvertailu 200ha

Hake-Öljy -järjestelmien kustannusvertailu								
©Hannu Mikkola 3.10.2013								
Lähtötiedot:								Ohje:
		Vilja-ala		200 ha				
		Hehtaarisato		4000 kg/ha				
		Kuivattava viljamäärä		800000 kg				
		Puintikosteus		22 %				
		Varastokosteus		13 %				
		Poistettava vesimäärä		82759 kg				
		Öljyn tarve		11586 l				
		Hakkeen polton hyötysuhde		80 %				
		Hakkeen kosteus		30 %				
		Hakkeen tarve		178 m3				
		Hakkeen hinta		20,00 €/m3				
		Öljyn hinta		0,75 €/l				
		Oman työn hinta		20,00 €/h				
		Korkokanta		5 %				
		Poisto aika		15 vuotta				
Öljyvaihtoehto					Hakevaihtoehto			
		Uusi öljyuuni	10000 €				27000 €	
		Muuta?	€				€	
			€				€	
			€				€	
			€				€	
		Yhteensä	10000 €				27000 €	
		Annuiteetti	-963 €				-2 601 €	
		Polttoaine €/vuosi	8690 €				3566 €	
							Lisätyö, h	160 €
							(15 min/erä)	
		Investoinnit ja polttoaine yhteensä	9653 €				Investoinnit työ ja polttoaine yhteensä	6327 €
							Erotus öljy - hake	3326 €
		Hakejärjestelmään tehdyn lisäinvestoinnin takaisinmaksuaika					5,1 vuotta	

(Mikkola 2013)

Hake-Öljy -järjestelmien kustannusvertailu öljyn hinta 1,3 €/l

Hake-Öljy -järjestelmien kustannusvertailu								
©Hannu Mikkola 3.10.2013								
Lähtötiedot:								
	Vilja-ala			50 ha				Ohje:
	Hehtaarisato			4000 kg/ha				
	Kuivattava viljamäärä			200000 kg				
	Puintikosteus			22 %				
	Varastokosteus			13 %				
	Poistettava vesimäärä			20690 kg				
	Öljyn tarve			2897 l				
	Hakkeen polton hyötysuhde			80 %				
	Hakkeen kosteus			30 %				
	Hakkeen tarve			45 m3				
	Hakkeen hinta			20,00 €/m3				
	Öljyn hinta			1,30 €/l				
	Oman työn hinta			20,00 €/h				
	Korkokanta			5 %				
	Poisto aika			15 vuotta				
Öljyvaihtoehto					Hakevaihtoehto			
	Uusi öljyuuni		10000 €			Hakeuuni		27000 €
	Muuta?		€			Hakevarasto		€
			€			Muuta?		€
			€					€
			€					€
	Yhteensä		10000 €			Yhteensä		27000 €
	Annuiteetti		-963 €			Annuiteetti		-2 601 €
	Polttoaine €/vuosi		3766 €			Polttoaine €/vuosi		892 €
						Lisätyö, h	8	160 €
						(15 min/erä)		
	Investoinnit ja polttoaine yhteensä		4729 €			Investoinnit työ ja polttoaine yhteensä		3653 €
						Erotus öljy - hake		1076 €
	Hakejärjestelmään tehdyn lisäinvestoinnin takaisinmaksuaika						15,8 vuotta	

(Mikkola 2013)